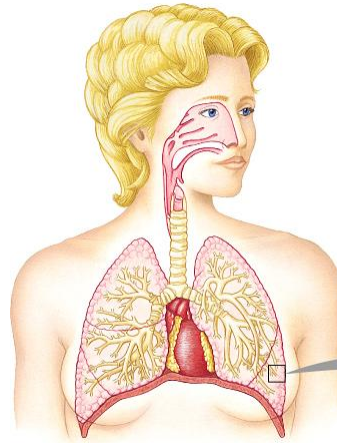


SISTEM PERNAFASAN

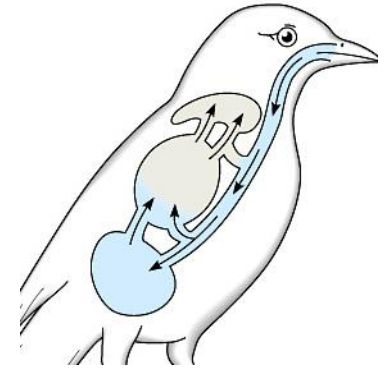
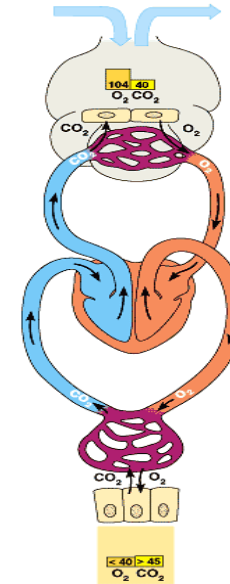
Kompetensi

Memahami mekanisme kerja fisiologis organ-organ pernafasan

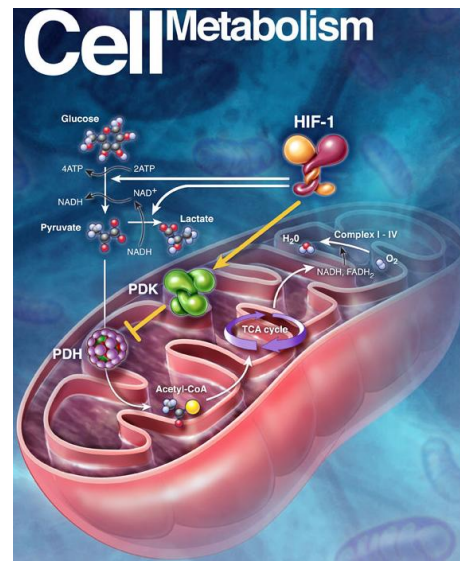
1. Pernafasan Eksternal



Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

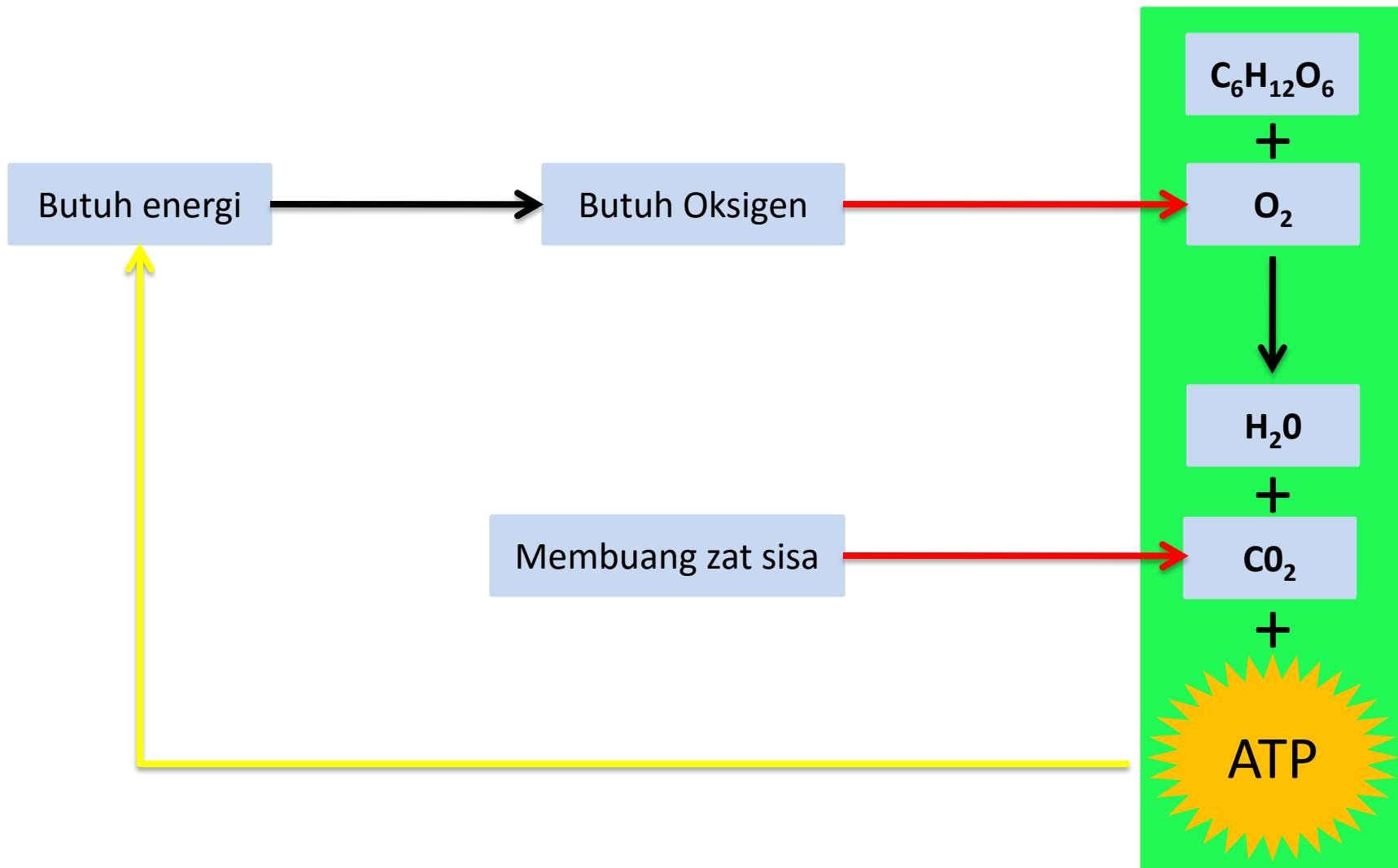


2. Pernafasan Internal



EXIT

Mengapa harus bernafas?



SISTEM ORGAN PERNAFASAN EKSTERNAL

TEMPAT PERTUKARAN GAS (O₂ – CO₂)

SYARAT:

1. Permukaan luas
2. Selalu basah
3. Dinding tipis
4. Banyak kapiler darah

1. Terhubung dengan sel secara langsung

Secara sederhana/
non organ

Paru-paru

Mamalia, Aves, Reptil, Ampibi

Insang

Invertebrata Air, Ikan

Kulit

Kelompok cacing

Trakea

Kelompok serangga

PROSES RESPIRASI EKSTERNAL

Pada Mamalia

1. Ventilasi paru-paru

2. Difusi gas melewati membran pernafasan

3. Transportasi gas dalam darah

4. Pertukaran gas dari darah ke sel

VENTILASI PARU-PARU

Pergerakan fisik udara masuk dan keluar pada saluran pernafasan

Menghindari penumpukan CO_2 pada alveoli dan tetap menjaga suplai O_2 dari lingkungan ke alveoli

fungsi

mekanisme

Ekspirasi dan Inspirasi

Tekanan dan volume gas berperan penting dalam ventilasi paru-paru

HUKUM BOYLE : $P = 1/V$

Apabila **volume gas dikecilkan** maka **tekanan akan meningkat**,
Apabila **volume gas dibesarkan** maka **tekanan akan menurun**

Udara akan mengalir dari tempat bertekanan tinggi ke tempat bertekanan rendah

Dasar proses mekanisme ventilasi paru-paru (ekspirasi-inspirasi)

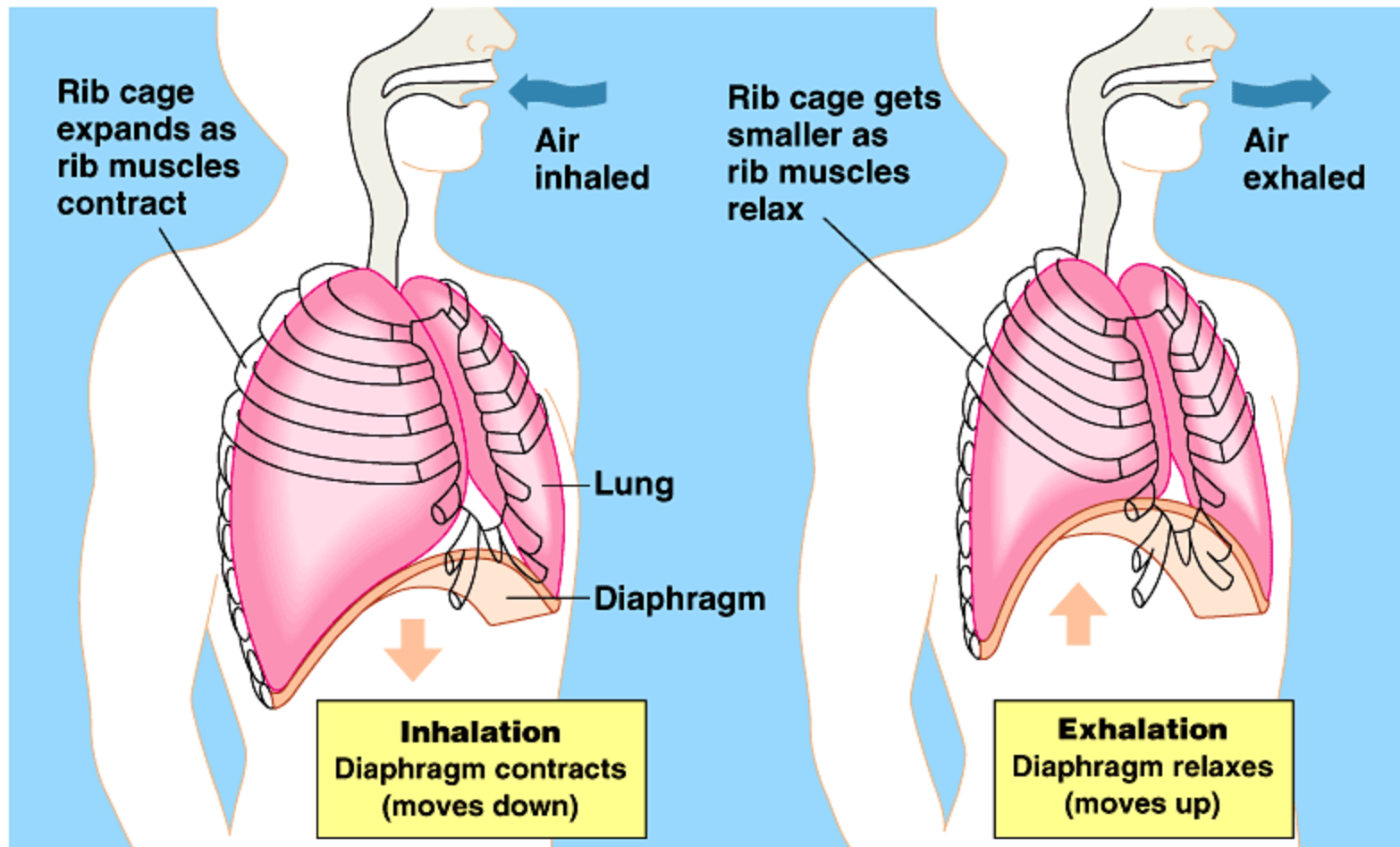


VENTILASI PARU-PARU

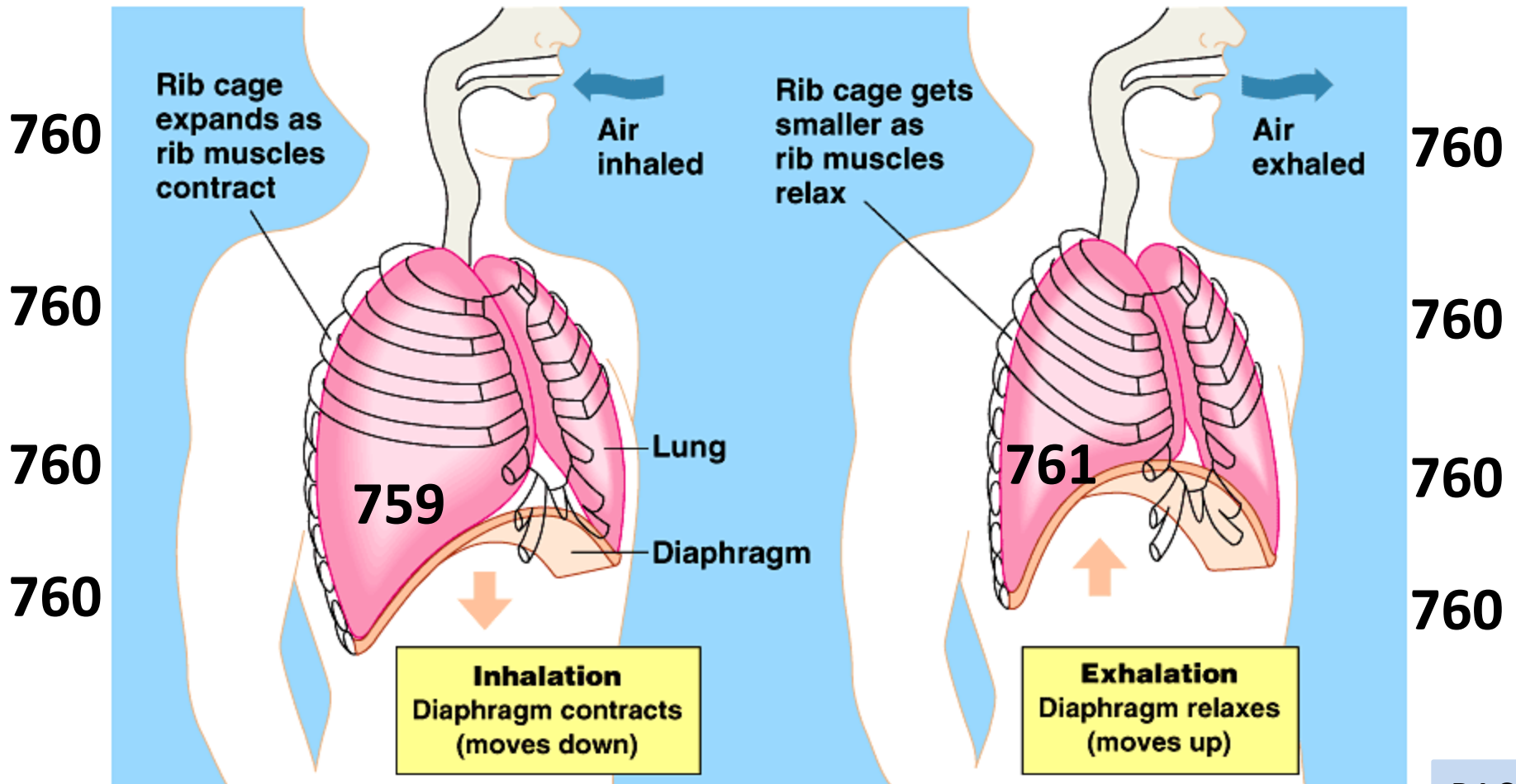
mekanisme

- Volume paru-paru **membesar**
- Tekanan gas dalam paru-paru **rendah**
- Udara masuk (Inspirasi/Inhalasi)

- Volume paru-paru **mengecil**
- Tekanan gas dalam paru-paru **tinggi**
- Udara keluar (Eksprirasi/Ekshalasi)

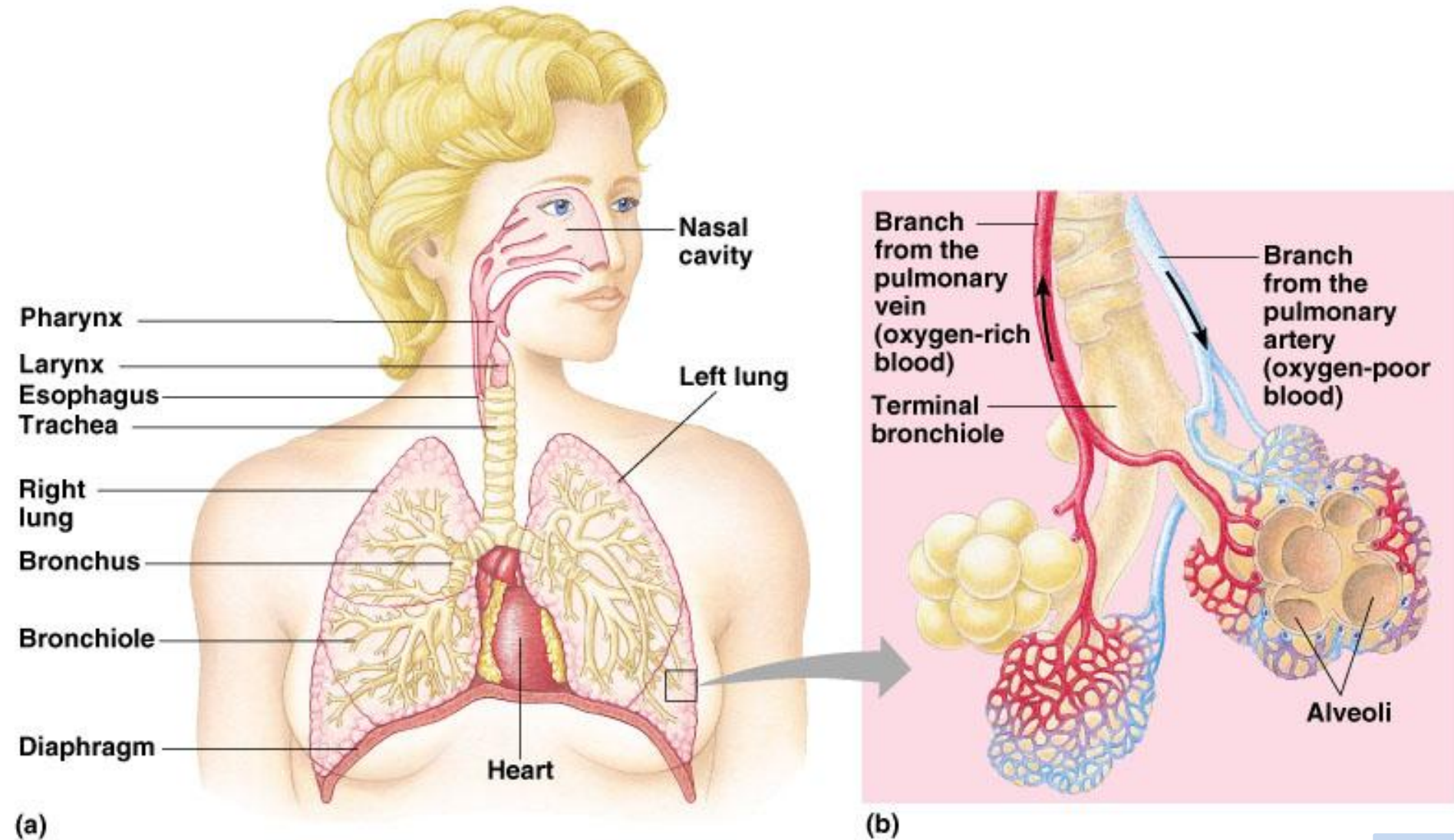


Tekanan udara dalam paru-paru dibandingkan dengan tekanan udara lingkungan (760 mmHg)



DIFUSI GAS MELEWATI MEMBRAN PERNAFASAN

Merupakan pertukaran gas antara alveoli dan kapiler darah



DIFUSI GAS MELEWATI MEMBRAN PERNAFASAN

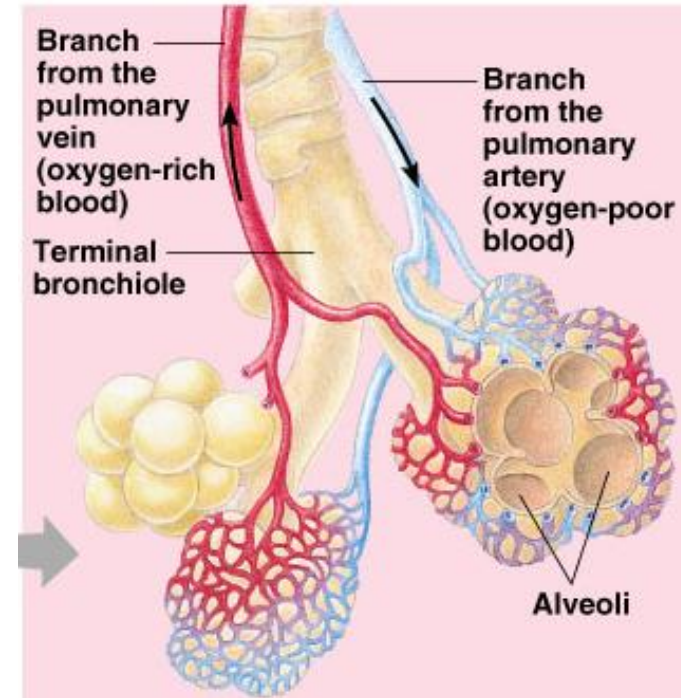
Melibatkan 2 medium yang berbeda:

1. Udara (rongga alveoli)
2. Cair (darah)

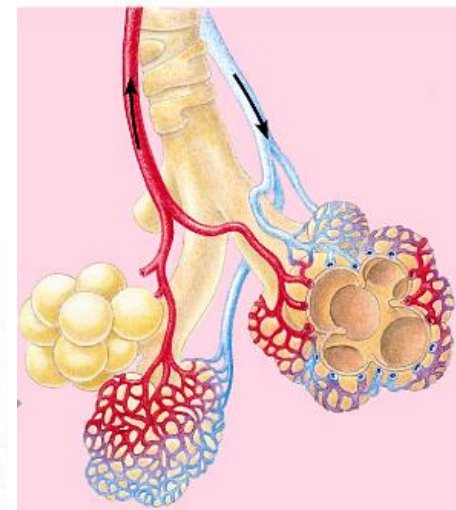
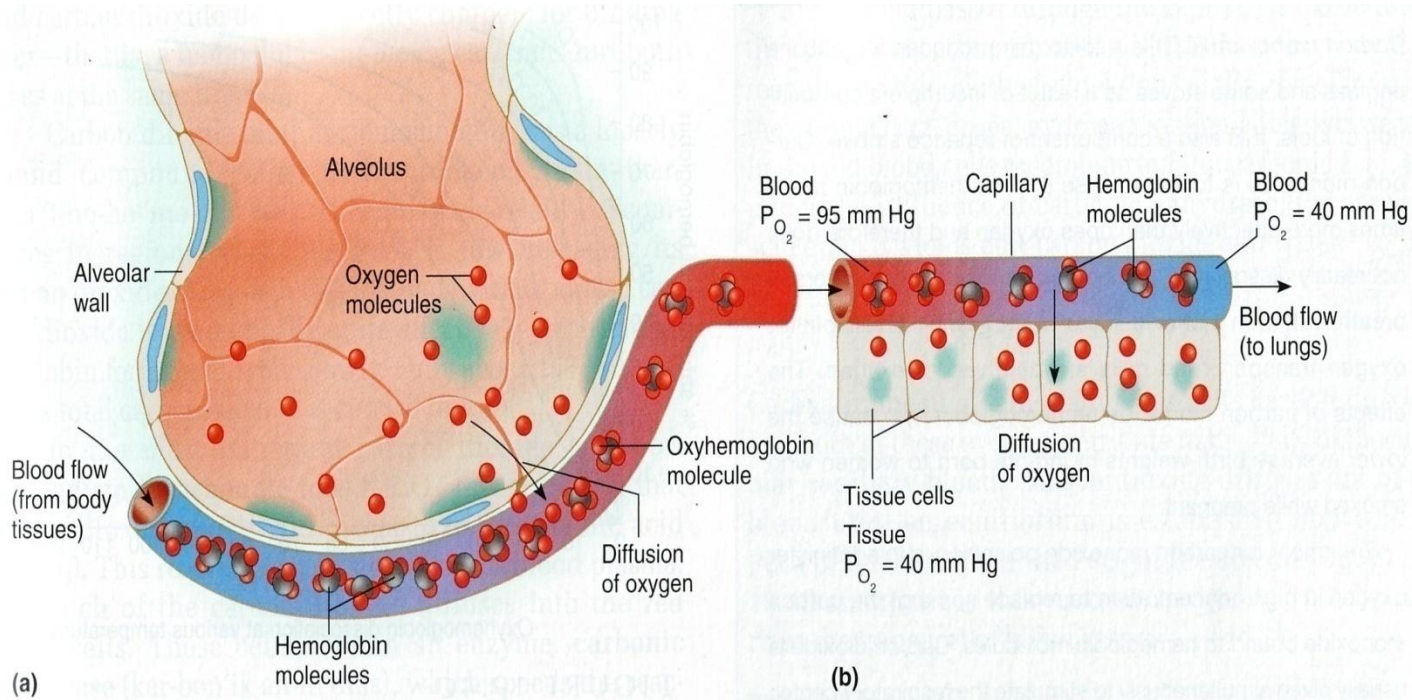
Perpindahan gas antar 2 media (udara dan air) akan terjadi secara difusi, tergantung pada gradien tekanan parsial tiap-tiap gas.
GAS AKAN BERPINDAH DARI TEMPAT DENGAN TEKANAN PARSIAL TINGGI KE RENDAH

Tekanan Parsial (p) Oksigen dalam darah kapiler yang berasal dari jantung relatif lebih rendah dibandingkan pO_2 pada alveoli, sehingga O_2 BERDIFUSI dari ALVEOLI KE DARAH

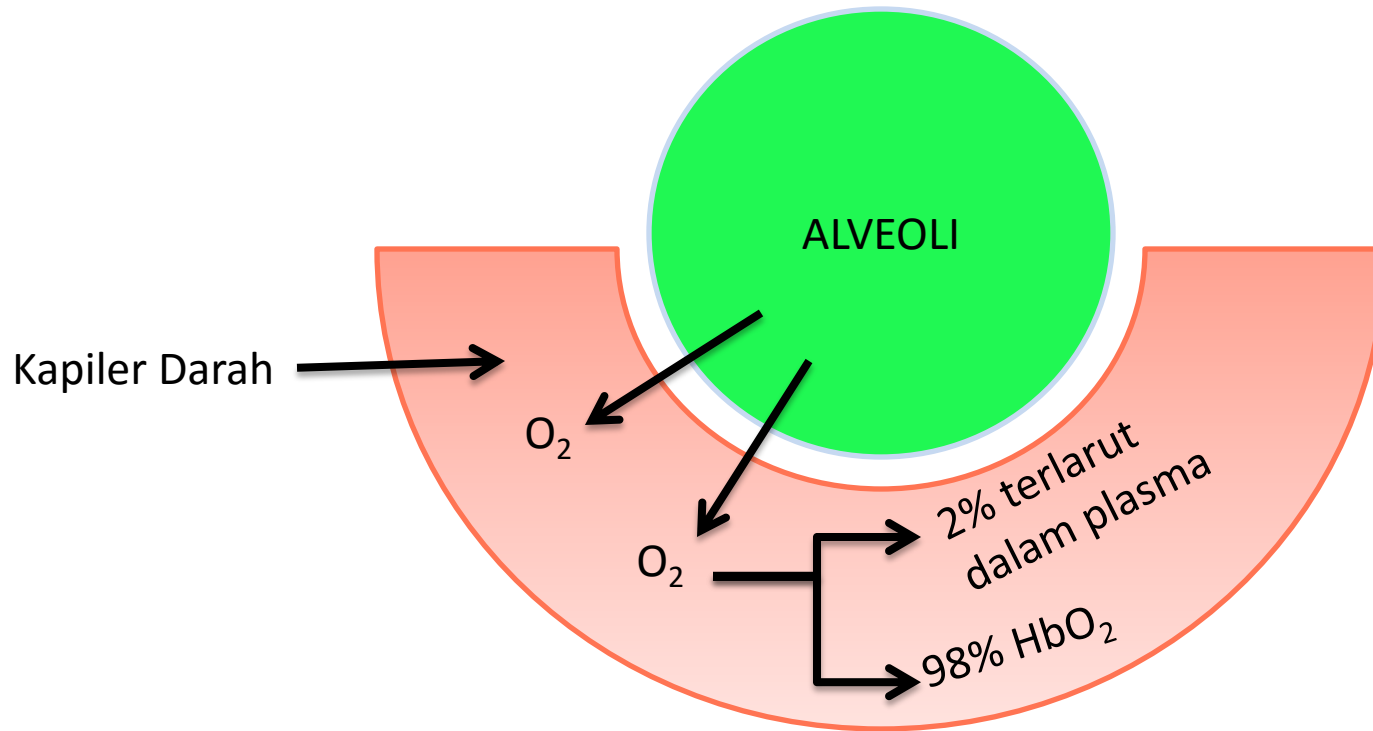
Tekanan Parsial (p) CO_2 dalam darah kapiler yang berasal dari jantung relatif lebih tinggi dibandingkan pCO_2 pada alveoli, sehingga CO_2 BERDIFUSI dari DARAH KE ALVEOLI



DIFUSI GAS MELEWATI MEMBRAN PERNAFASAN

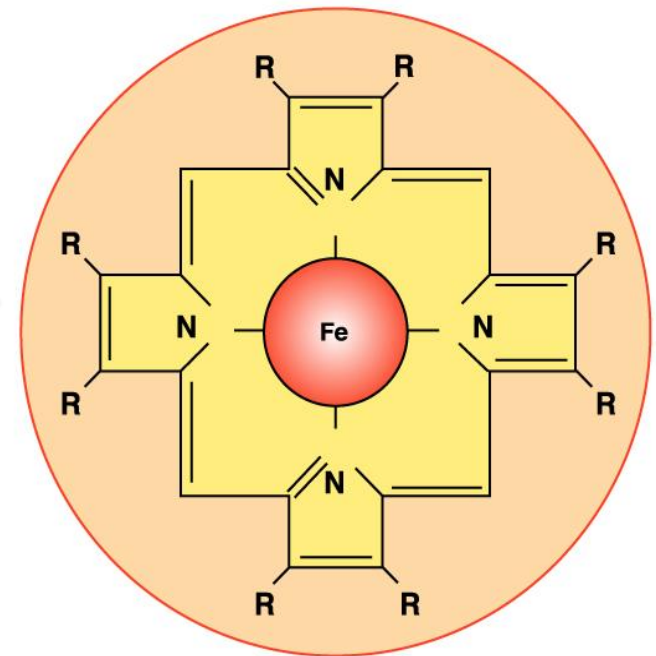
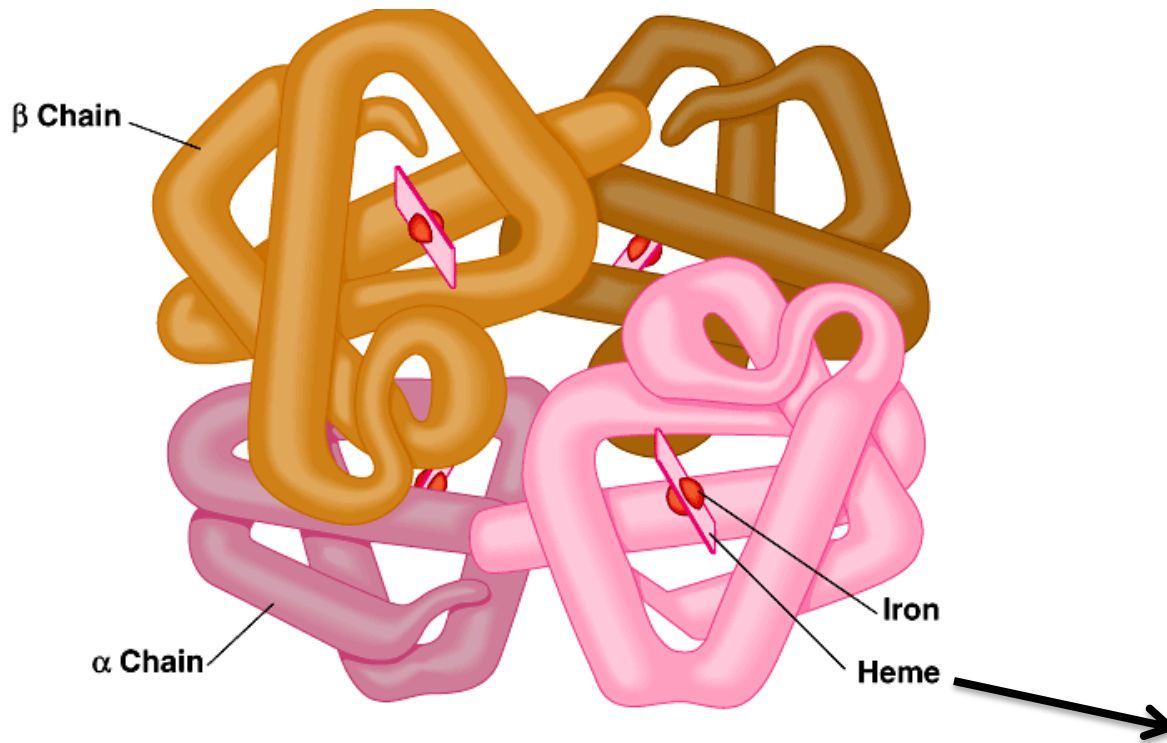


Gas	Tekanan parsial gas (mmHg)				
	Atmosfir	Alveoli	Vena	Arteri	Sel
p_{O_2}	155,8	105	40	105	40
p_{CO_2}	0,38	40	45	40	45



TRANSPORTASI GAS DALAM DARAH

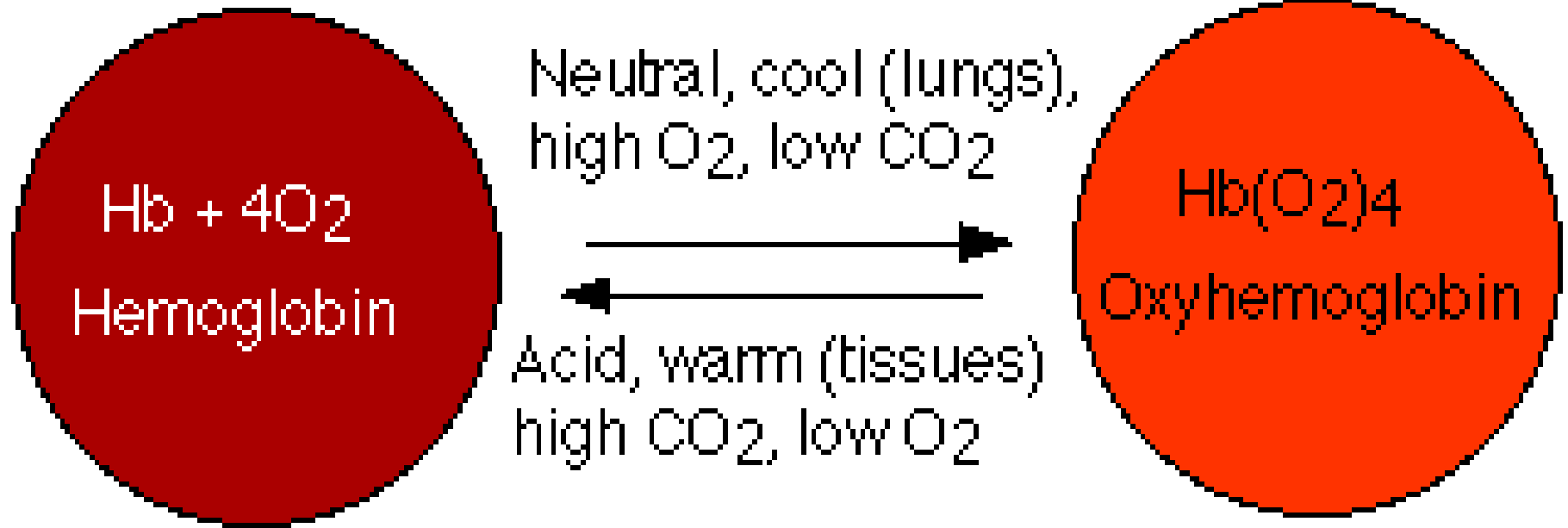
Transpor Oksigen



1 molekul Hb dapat mengikat 4 molekul O_2

R = additional C, H, O groups





TRANSPORTASI GAS DALAM DARAH

Transpor Oksigen

Kandungan Hb pada darah normal :

Pria : 14-18 gram/100 ml darah

Wanita : 12-16 gram/100 ml darah

Satuan kadar Hb sering juga disebut sebagai:
x gram/dl
Atau dalam bahasa medis disebut:
x %

1 g Hb dapat mengikat maksimal 1,34 ml O₂

Jika kadar Hb seseorang 15 g/dl = 15 g/100ml darah = 15%

Setiap 100ml darah orang tersebut dapat mengikat
20,1 ml O₂



TRANSPORTASI GAS DALAM DARAH

Transpor Karbondioksida

Karbondioksida hasil dari proses respirasi sel, diangkut dalam darah menuju paru-paru

Di dalam darah, ada 3 cara mengangkut CO₂

Terlarut dalam plasma (tetap sebagai CO₂)
7%

Masuk ke Eritrosit
93%

H₂CO₃
(asam karbonik)
70%

Terikat Hb
(karbaminohemoglobin)
23%

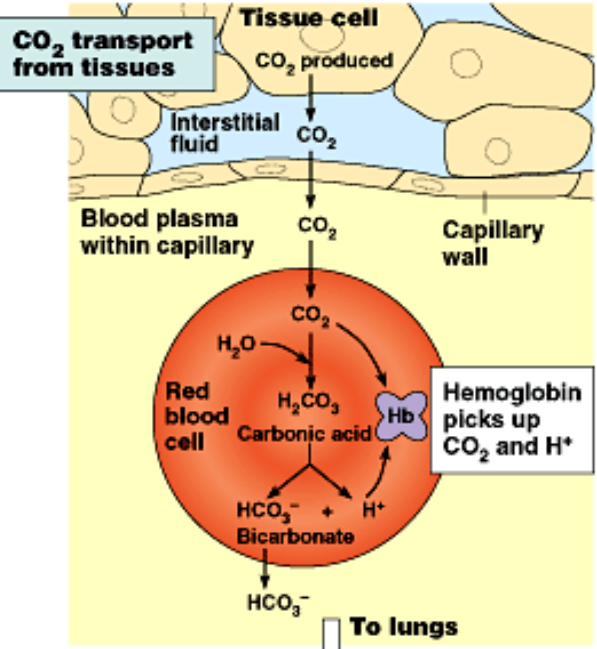
H⁺ dan HCO₃⁻

HCO₃⁻
dalam plasma

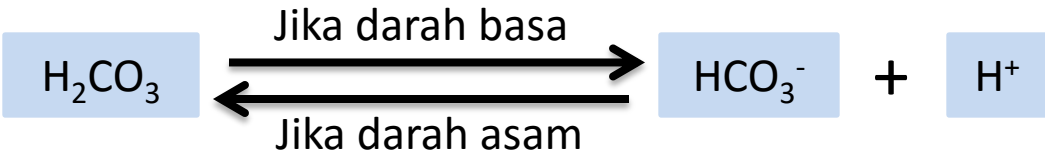
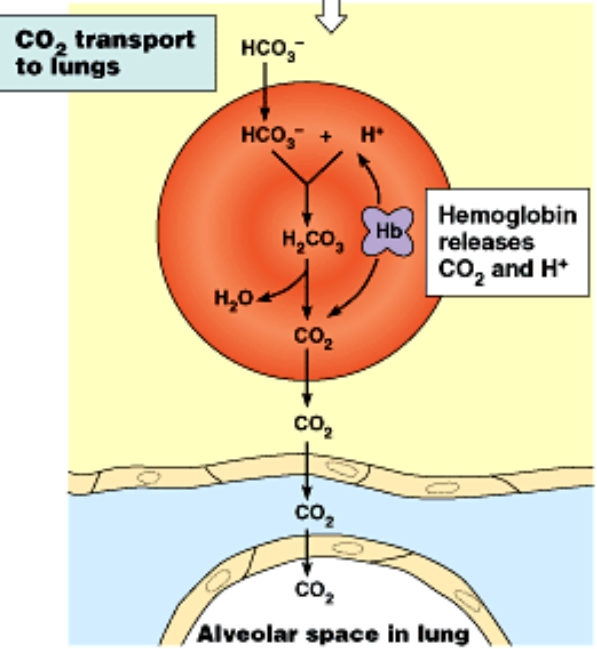


TRANSPORTASI GAS DALAM DARAH

Transpor Karbondioksida



H₂CO₃ dan HCO₃⁻ akan berperan sebagai buffer terhadap perubahan pH dalam darah



Hemoglobin



Pigmen respirasi

Myoglobin

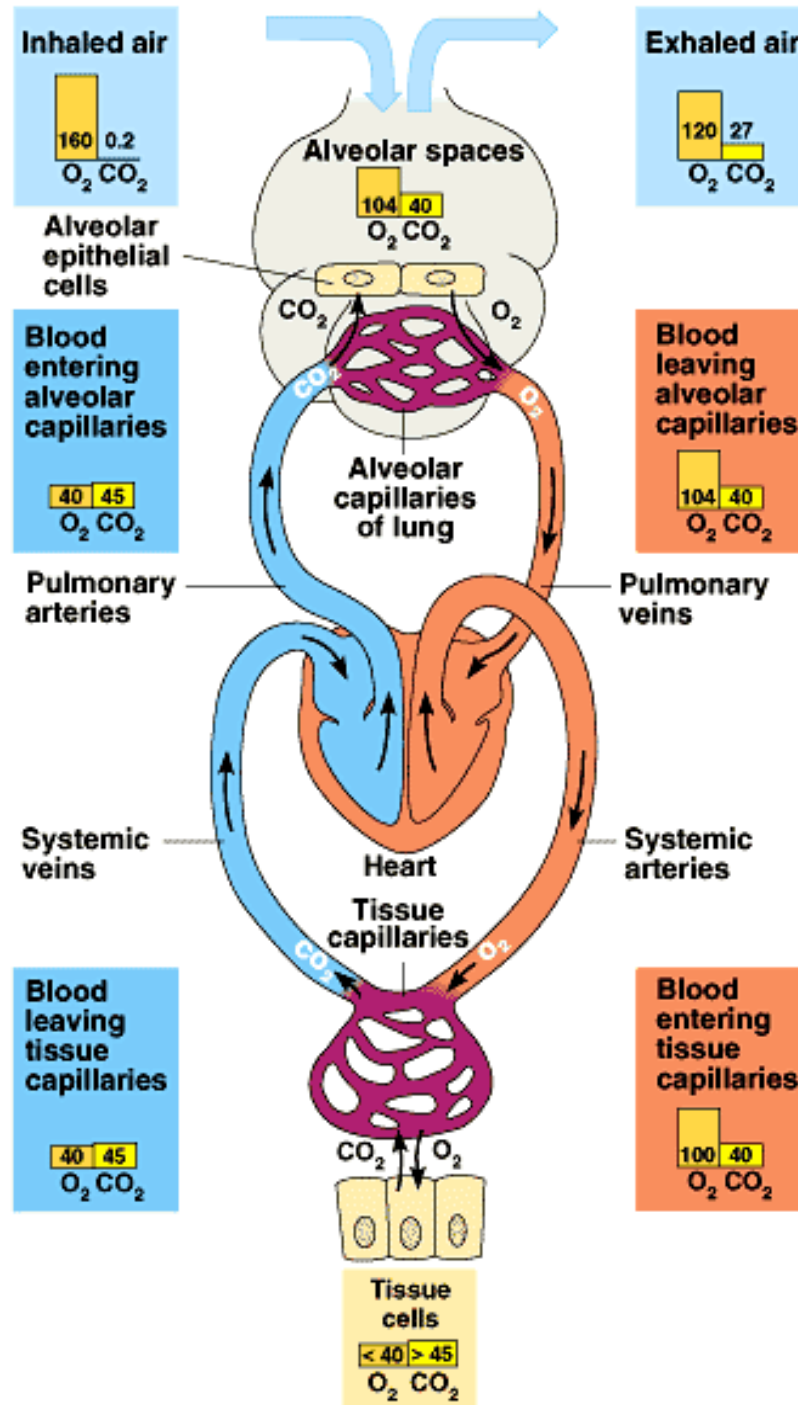
- Mengikat O_2 dalam otot vertebrata
- Hanya memiliki satu heme
- Mengikat O_2 lebih kuat dari Hb
- Otot mamalia air (berenang) memiliki lebih banyak (8%) myoglobin dibandingkan mamalia lainnya

Hemocyanin

- Ditemukan pada umumnya invertebrata
- Inti heme bukan Fe tetapi Cu
- Memiliki struktur mirip Hb
- Tidak memiliki rantai porphyrin
- Jika berikatan dengan O_2 akan berwarna biru terang

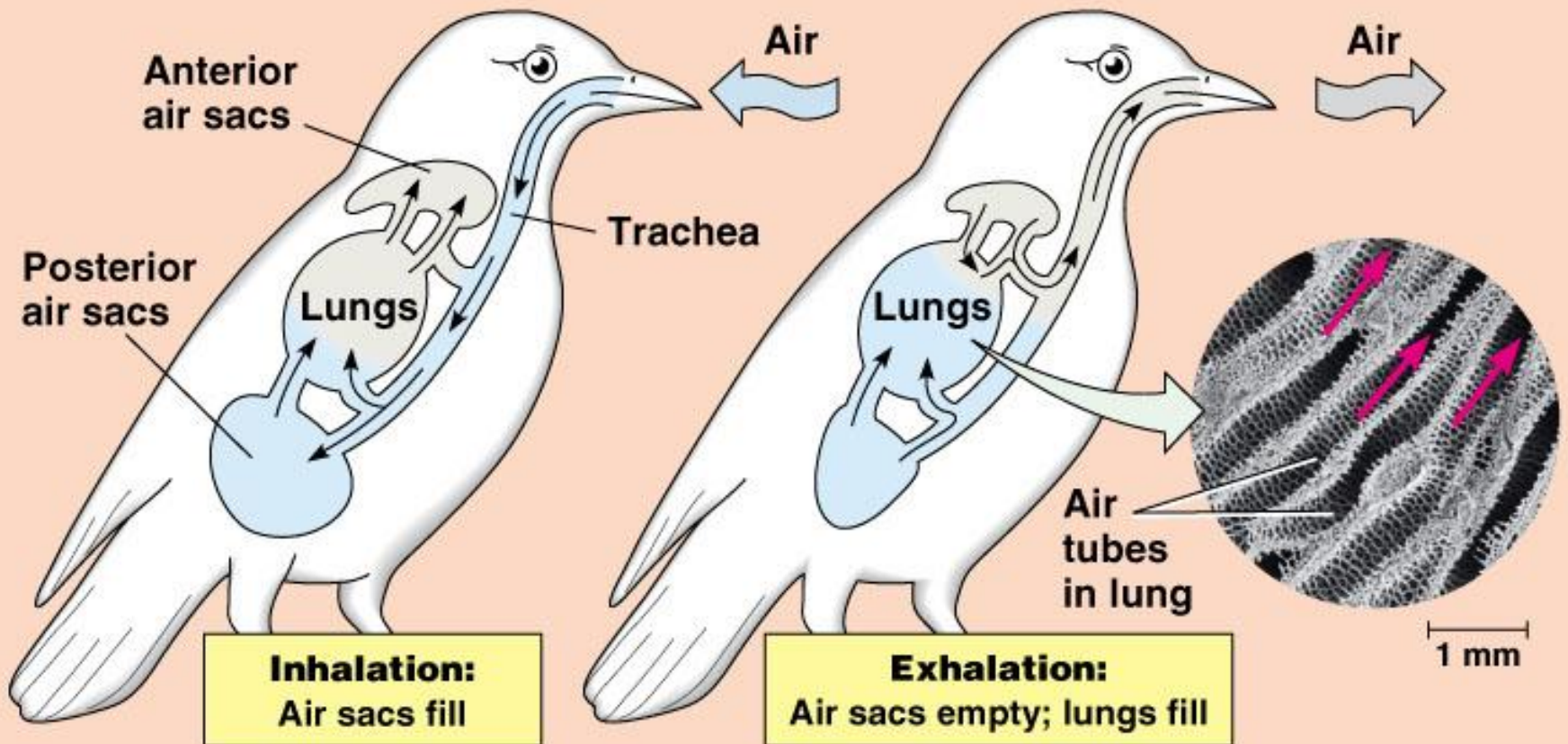
Hemerythrin

- Heme berintikan Fe, tetapi tidak memiliki rantai porphyrin
- Umumnya ditemukan dalam darah invertebrata air

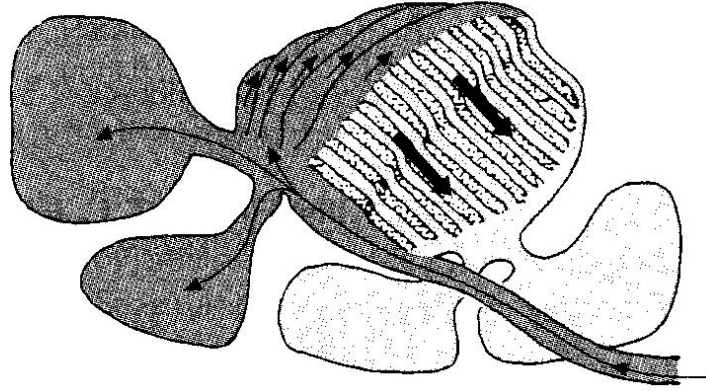


PERNAFASAN PADA AVES

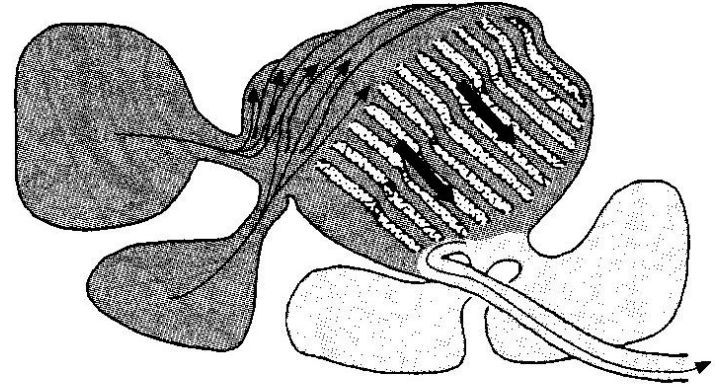
- Peristiwa inspirasi dan ekspirasi pada aves tidak disebabkan perubahan volume paru-paru, tetapi disebabkan perubahan volume pada kantong udara
- Prinsip perpindahan udara sama dengan menggunakan paru-paru



PERNAFASA PADA AVES



Inhalation 1

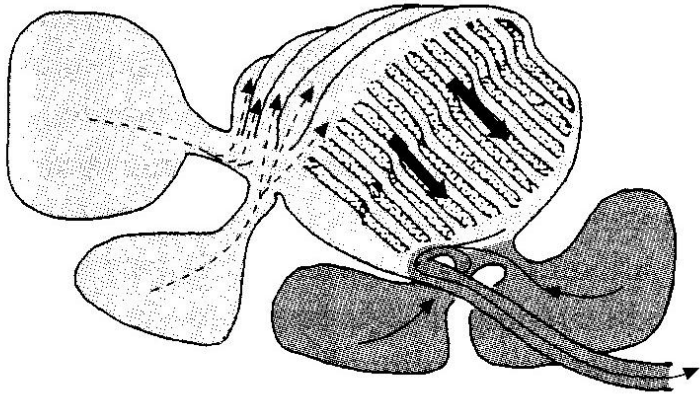


Exhalation 1

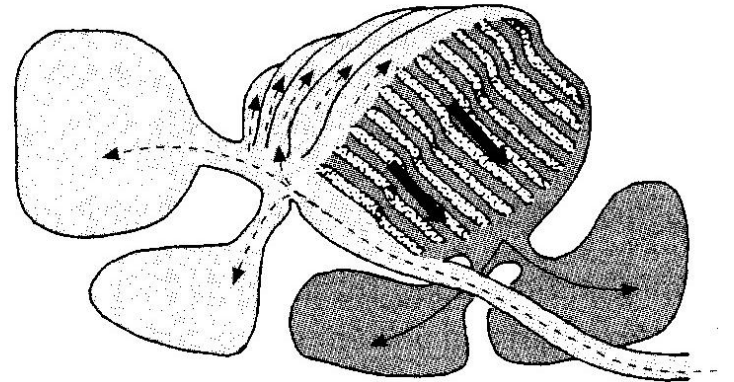
Cycle 1



Cycle 2

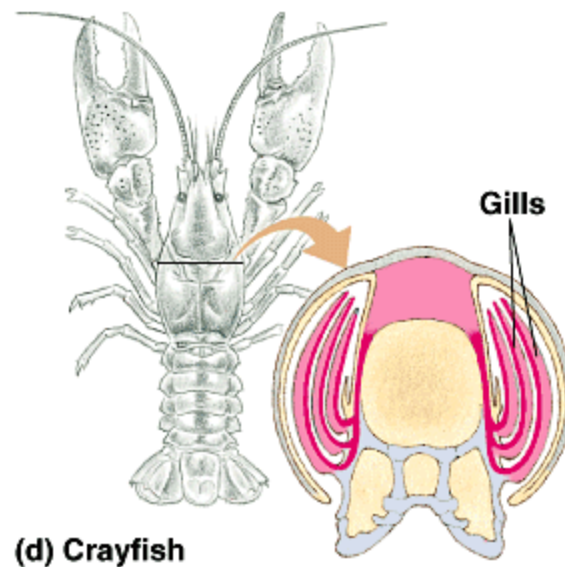
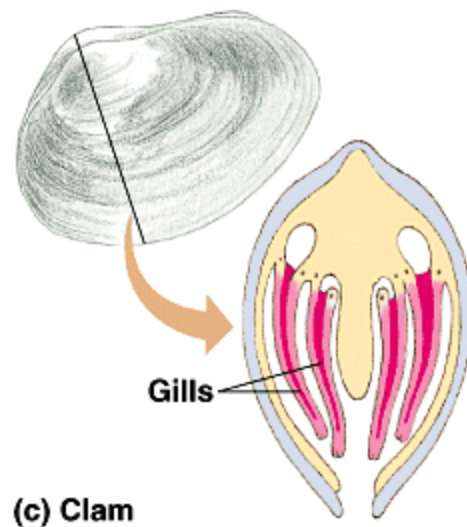
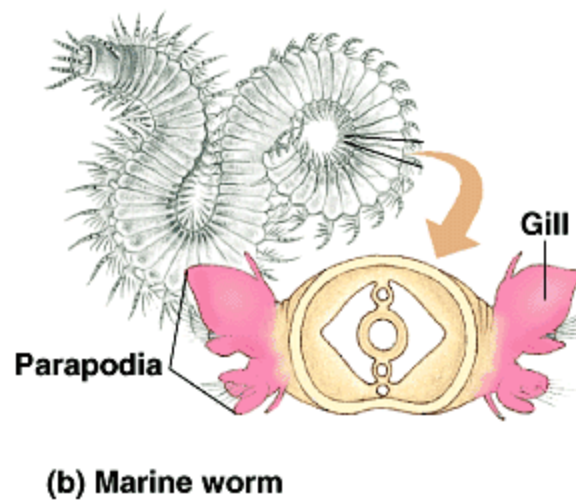
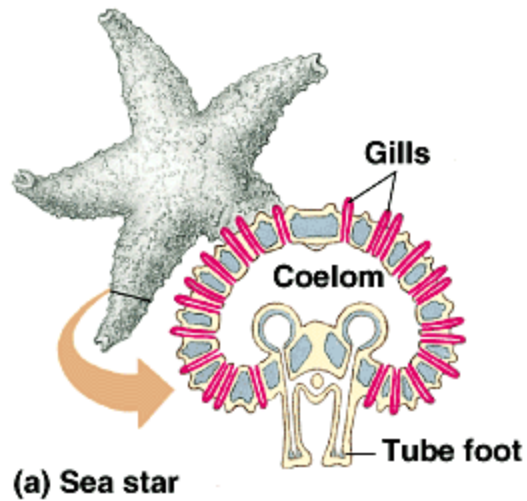


Exhalation 2

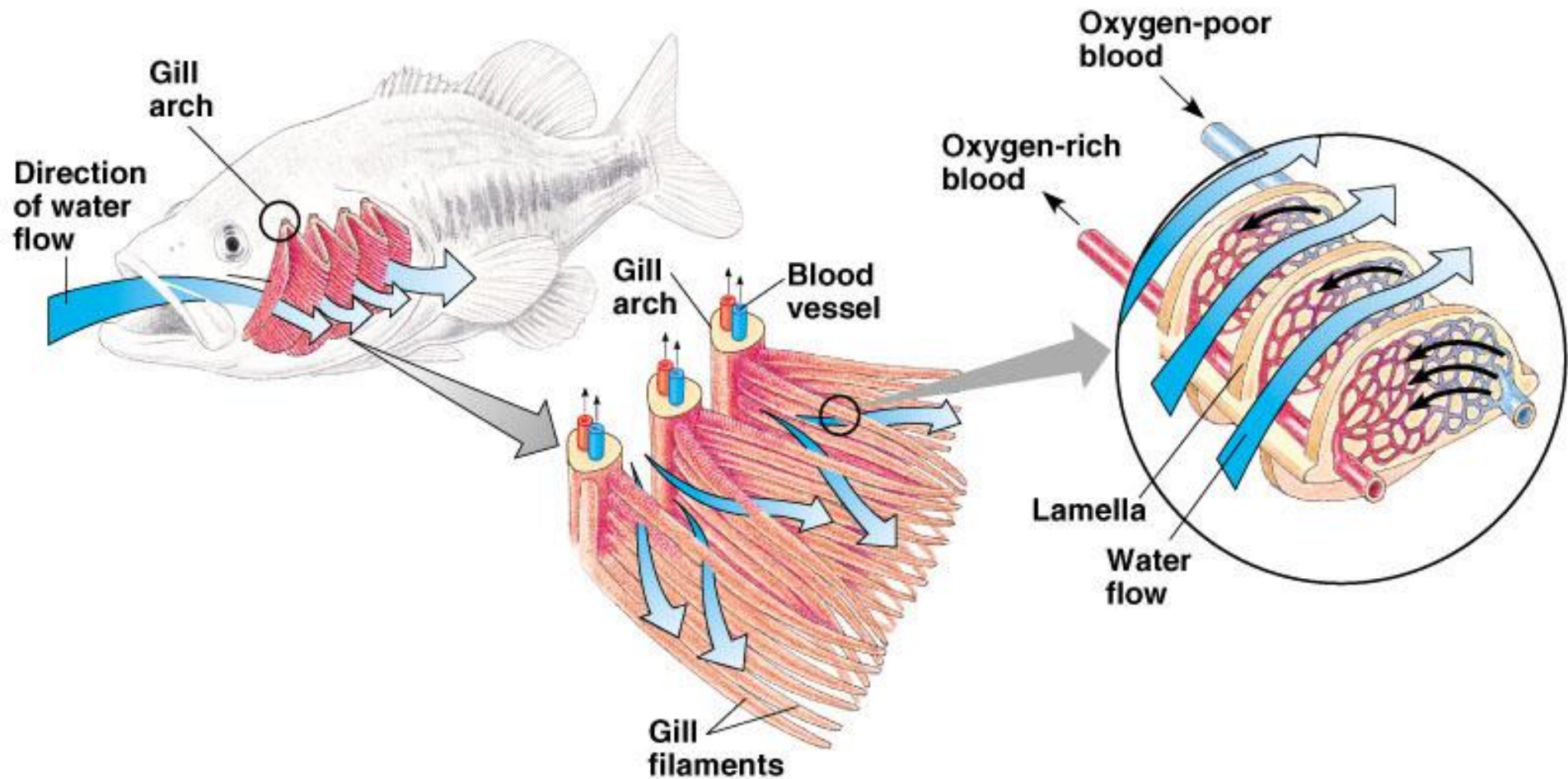


Inhalation 2

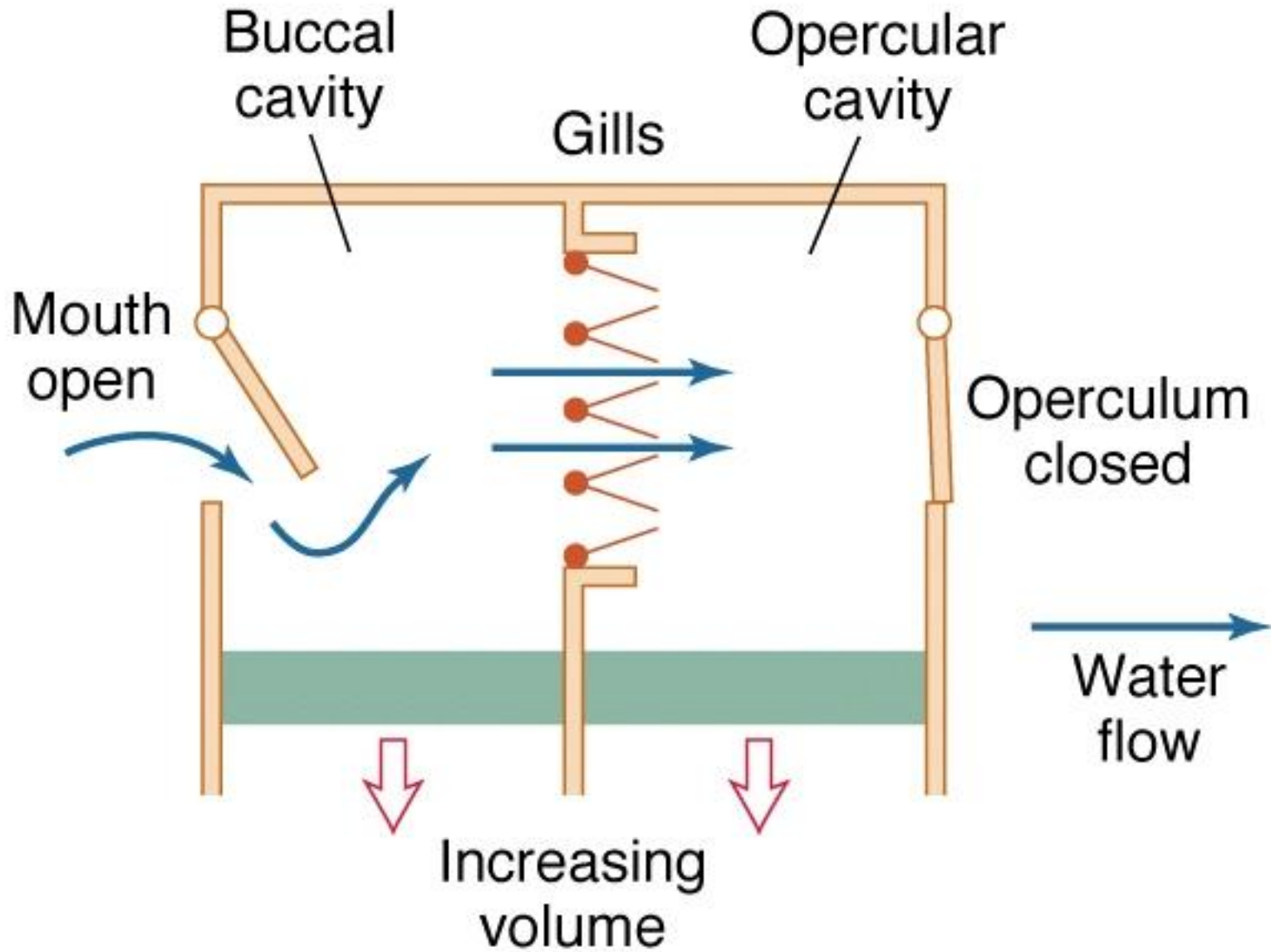
ALAT PERNAFASAN PADA INVERTEBRATA AIR



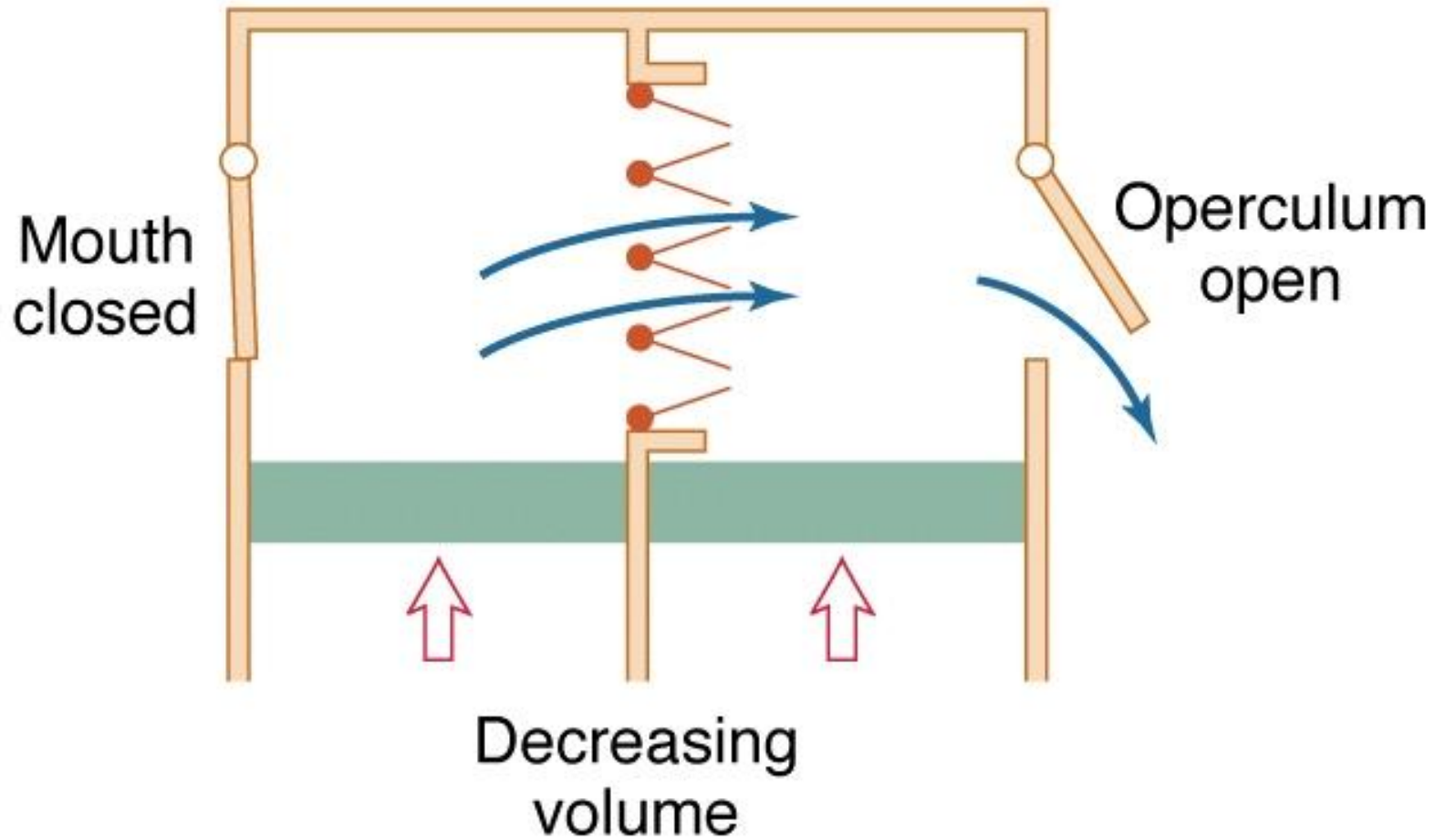
PERNAFASAN PADA IKAN



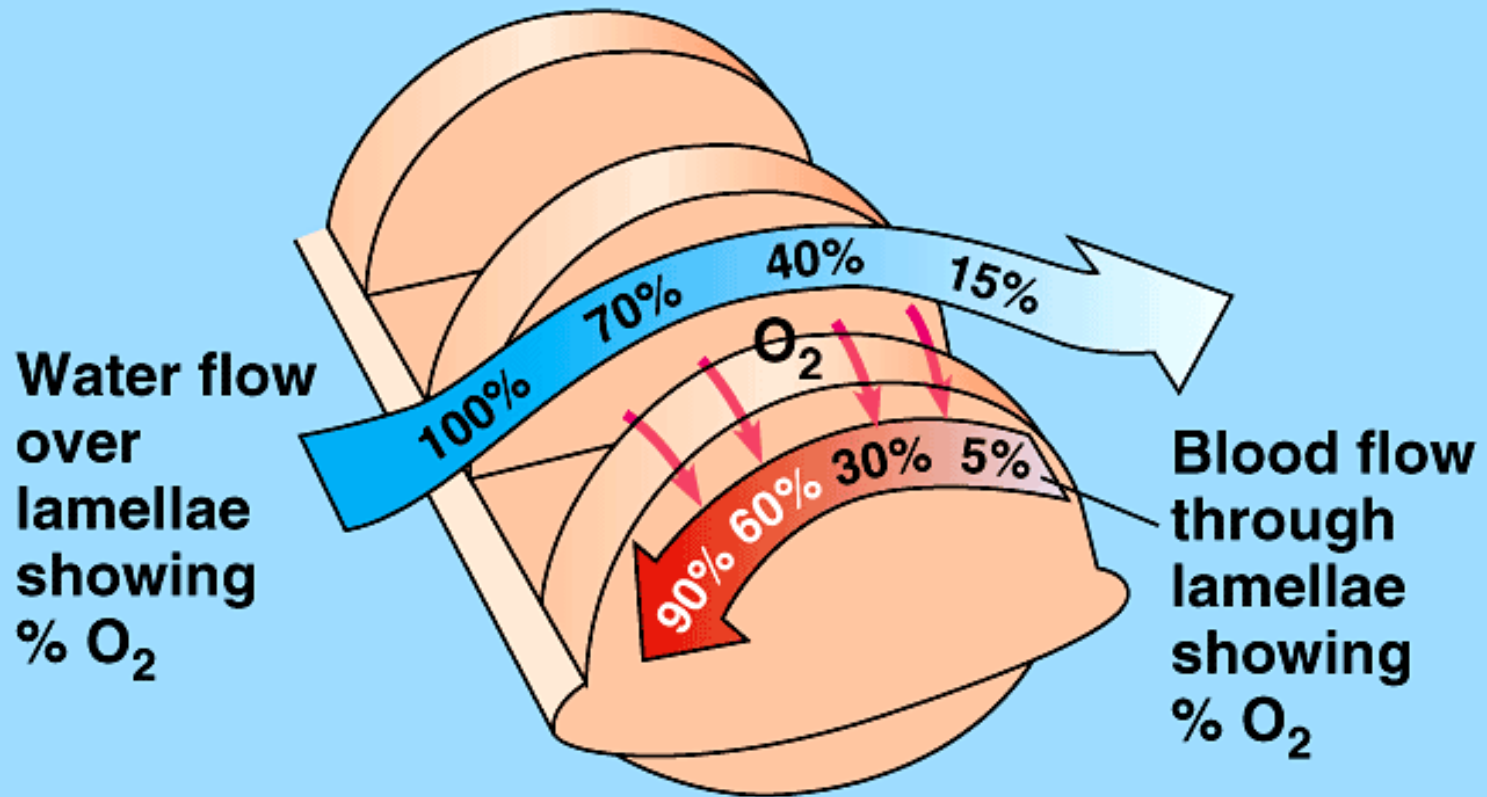
PERNAFASAN PADA IKAN



PERNAFASAN PADA IKAN

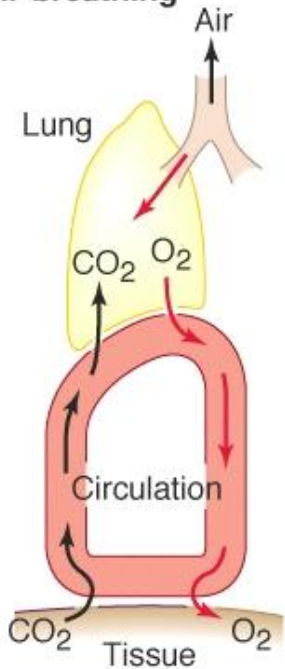


PERNAFASAN PADA IKAN



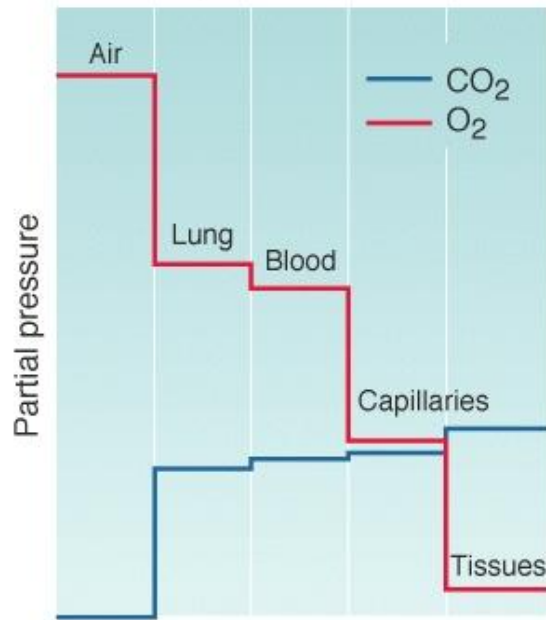
(a) Flow of respiratory gases

Air-breathing



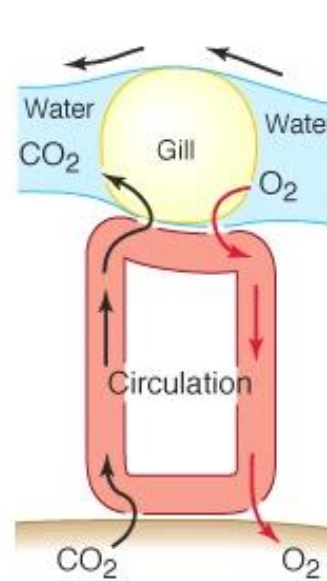
(b) P_{O₂} and P_{CO₂} at comparable sites

Air-breathing



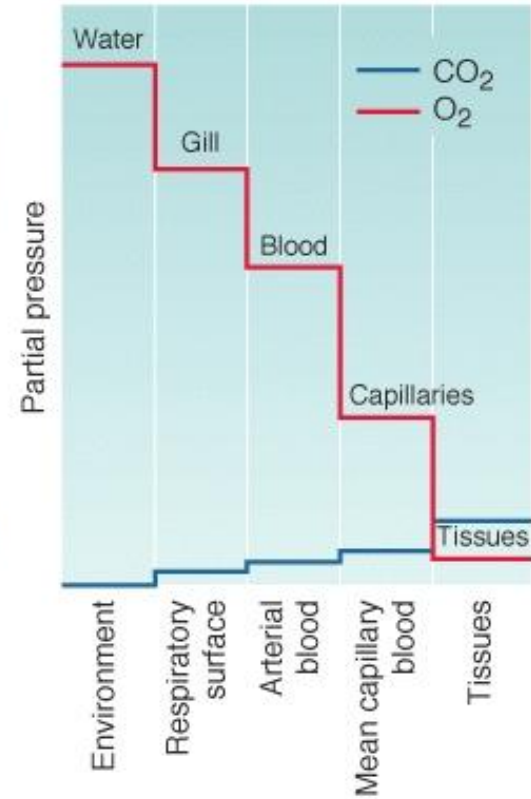
(a) Flow of respiratory gases

Water-breathing

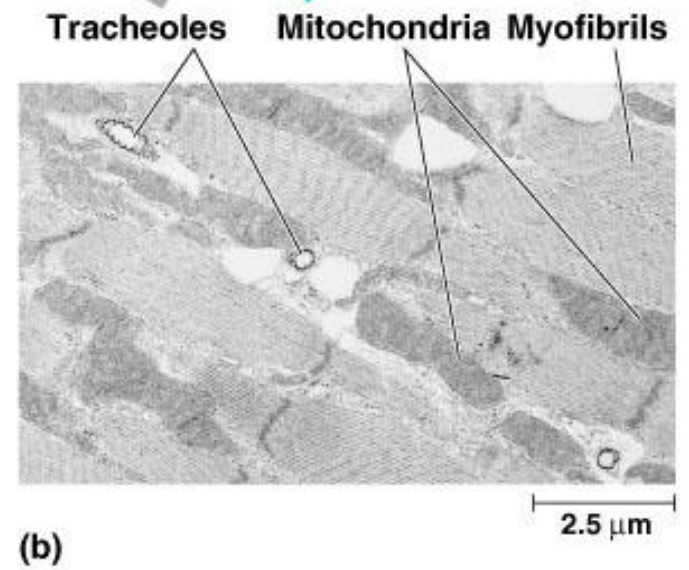
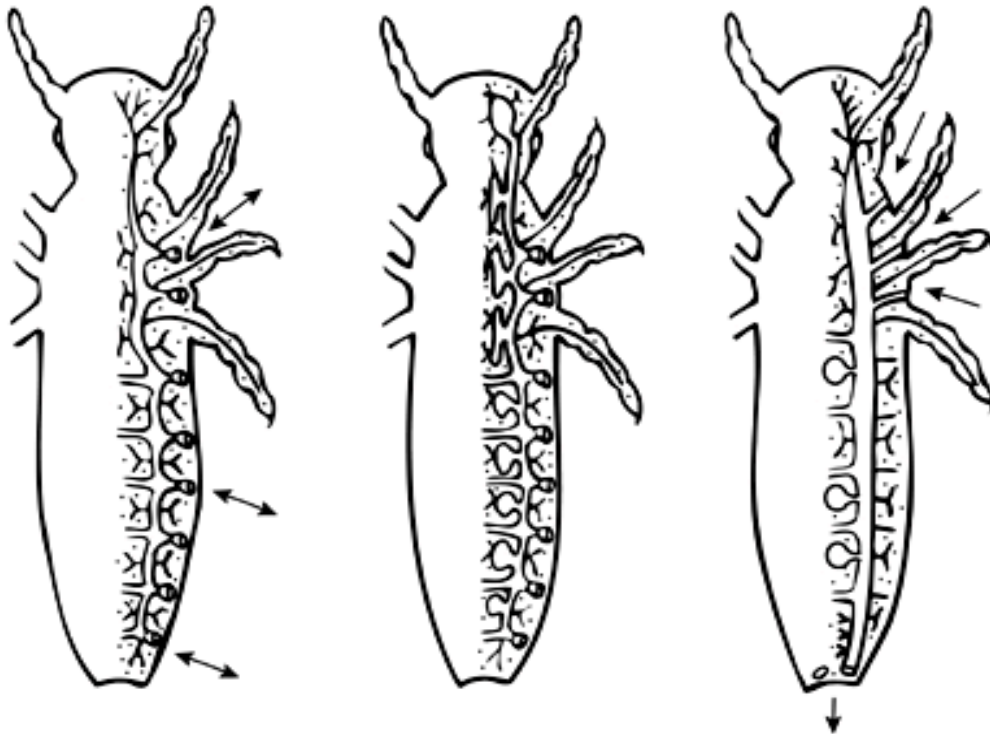
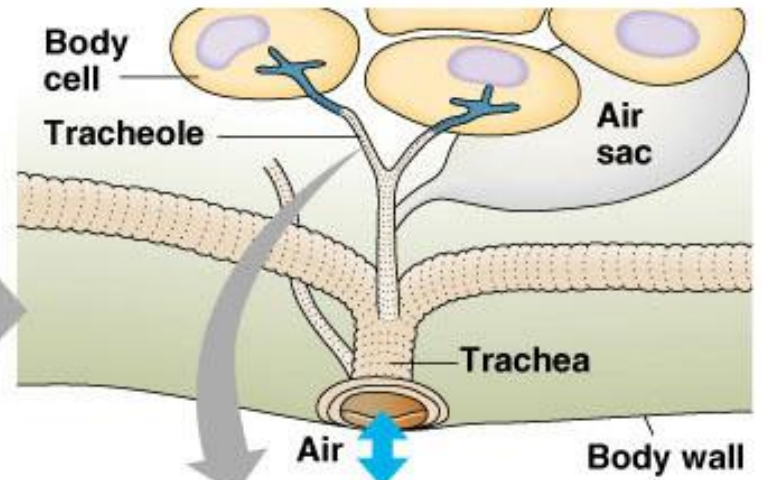
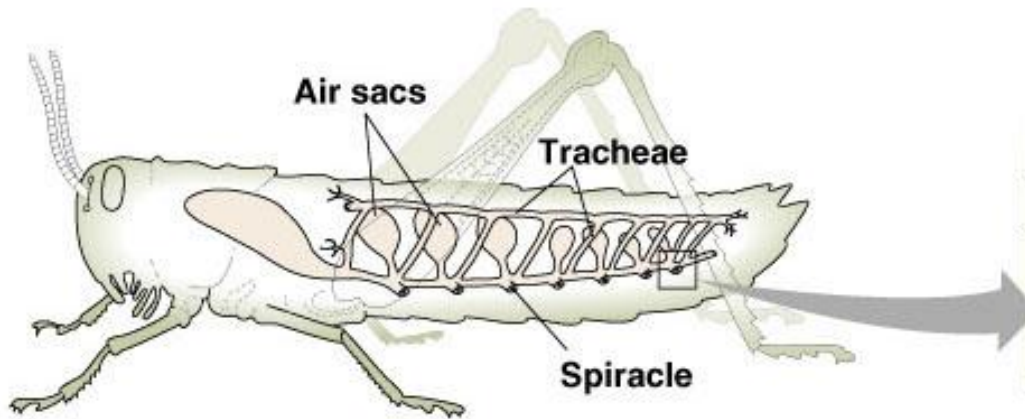


(b) P_{O₂} and P_{CO₂} at comparable sites

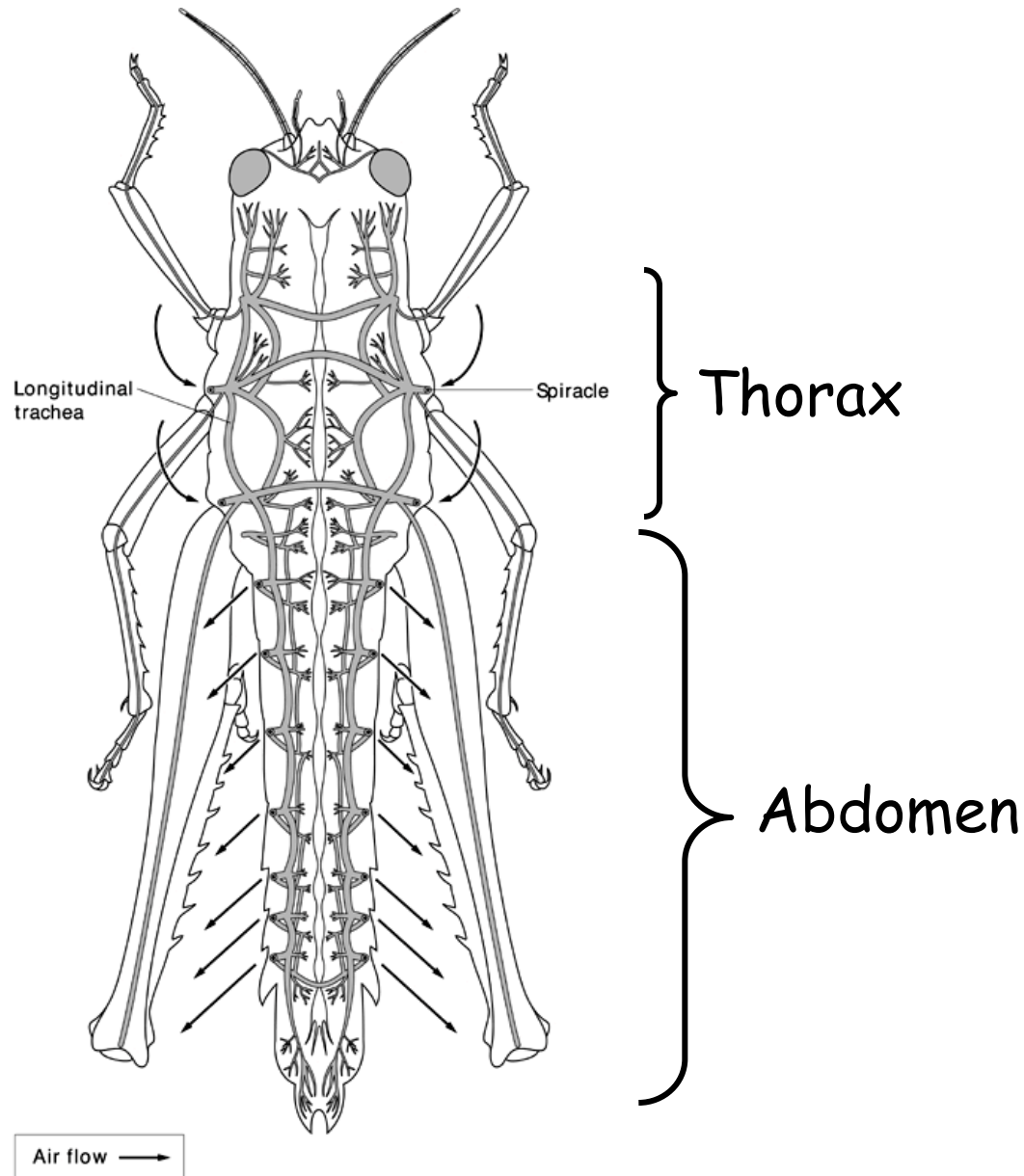
Water-breathing



PERNAFASAN PADA SERANGGA



PERNAFASAN PADA SERANGGA

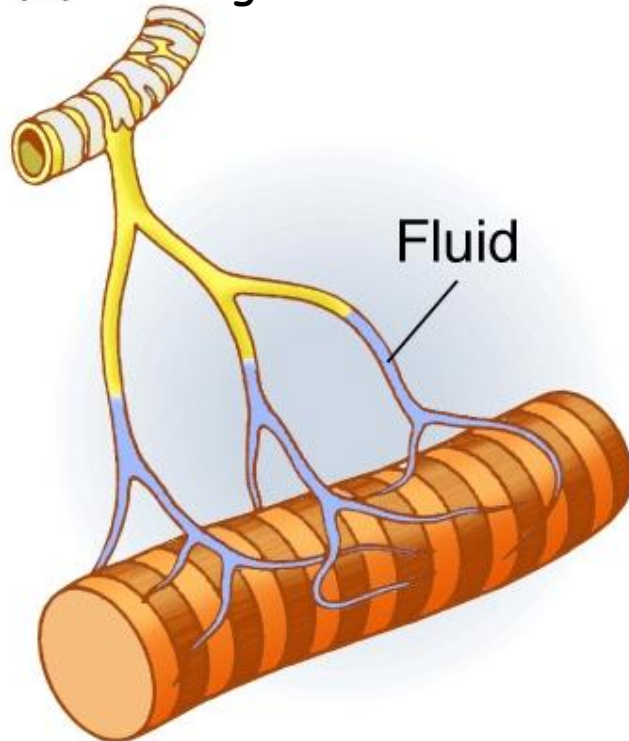


PERNAFASAN PADA SERANGGA

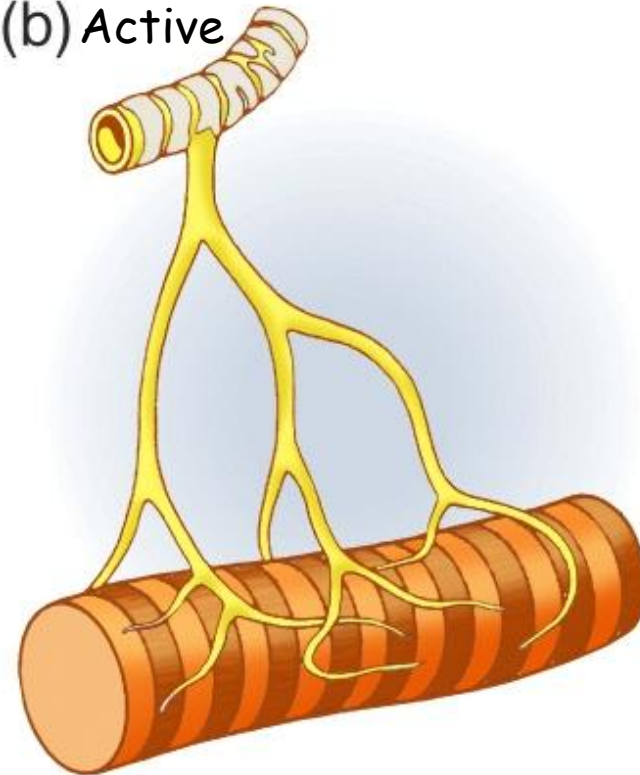
Umumnya serangga pada trakeol terisi air

O₂ berdifusi melintasi air dan kemudian melintasi membran trakeol untuk masuk ke ekstraseluler, dari ekstraseluler berdifusi masuk ke sel yang aktif

(a) Resting

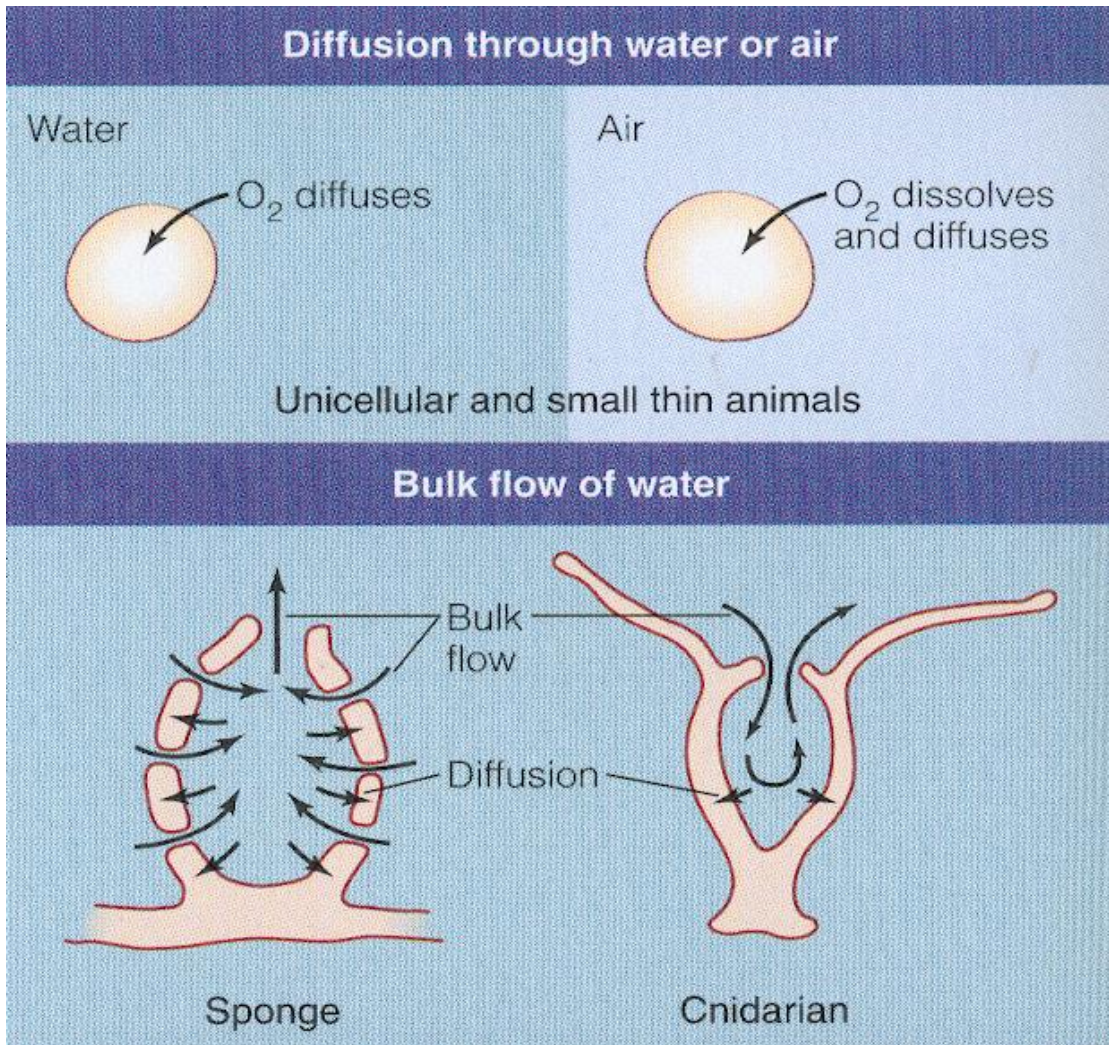


(b) Active



PERNAFASAN SEDERHANA

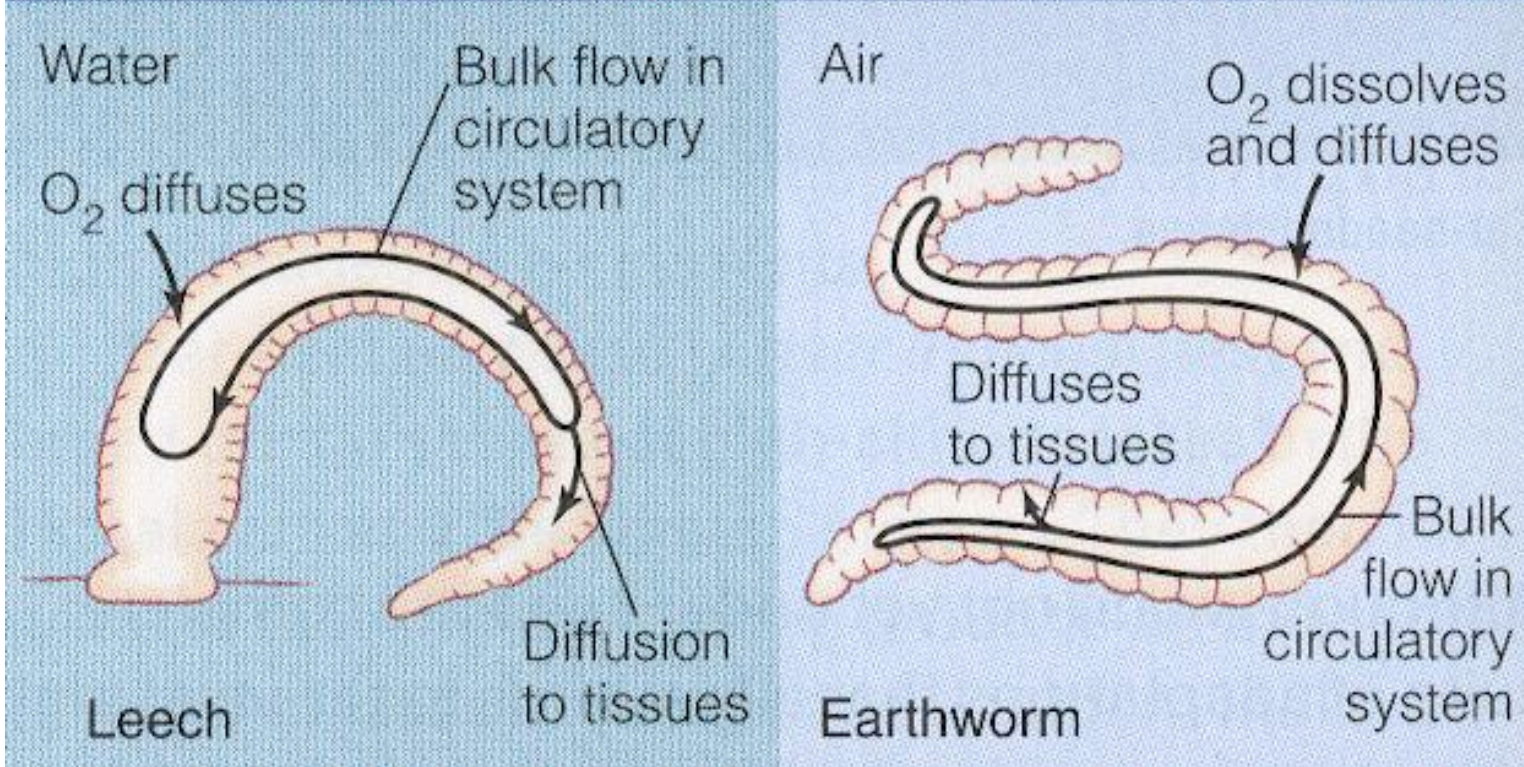
- Difusi O_2 dan CO_2 terjadi hanya melintasi selapis membran yang terhubung langsung dengan lingkungan
- Tidak membutuhkan organ khusus



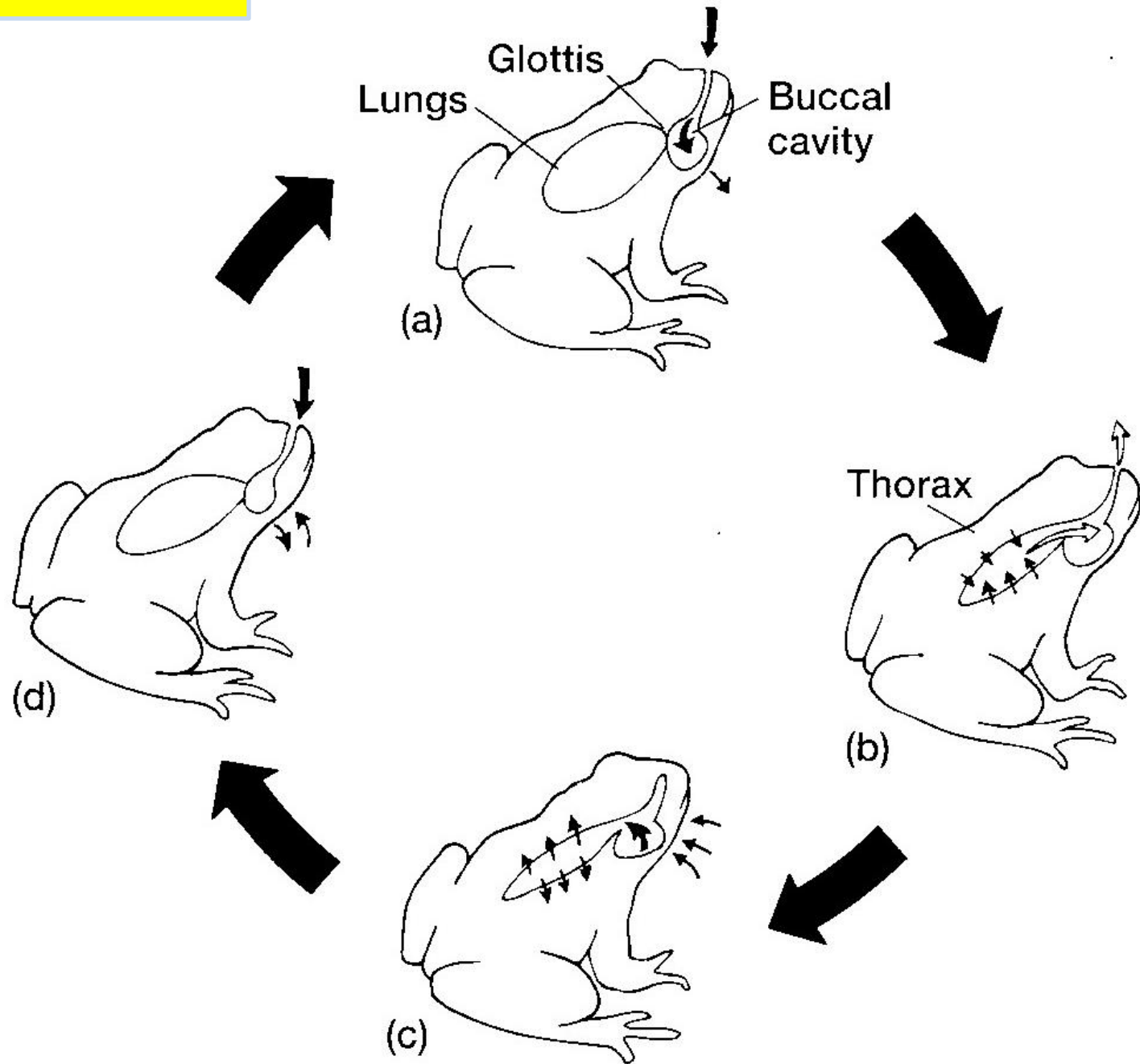
PERNAFASAN MELALUI KULIT

- Pertukaran langsung menggunakan media membran kulit
- Mempersyaratkan kulit harus selalu basah
- Peredaran gas dalam tubuh tetap melalui media sistem sirkulasi

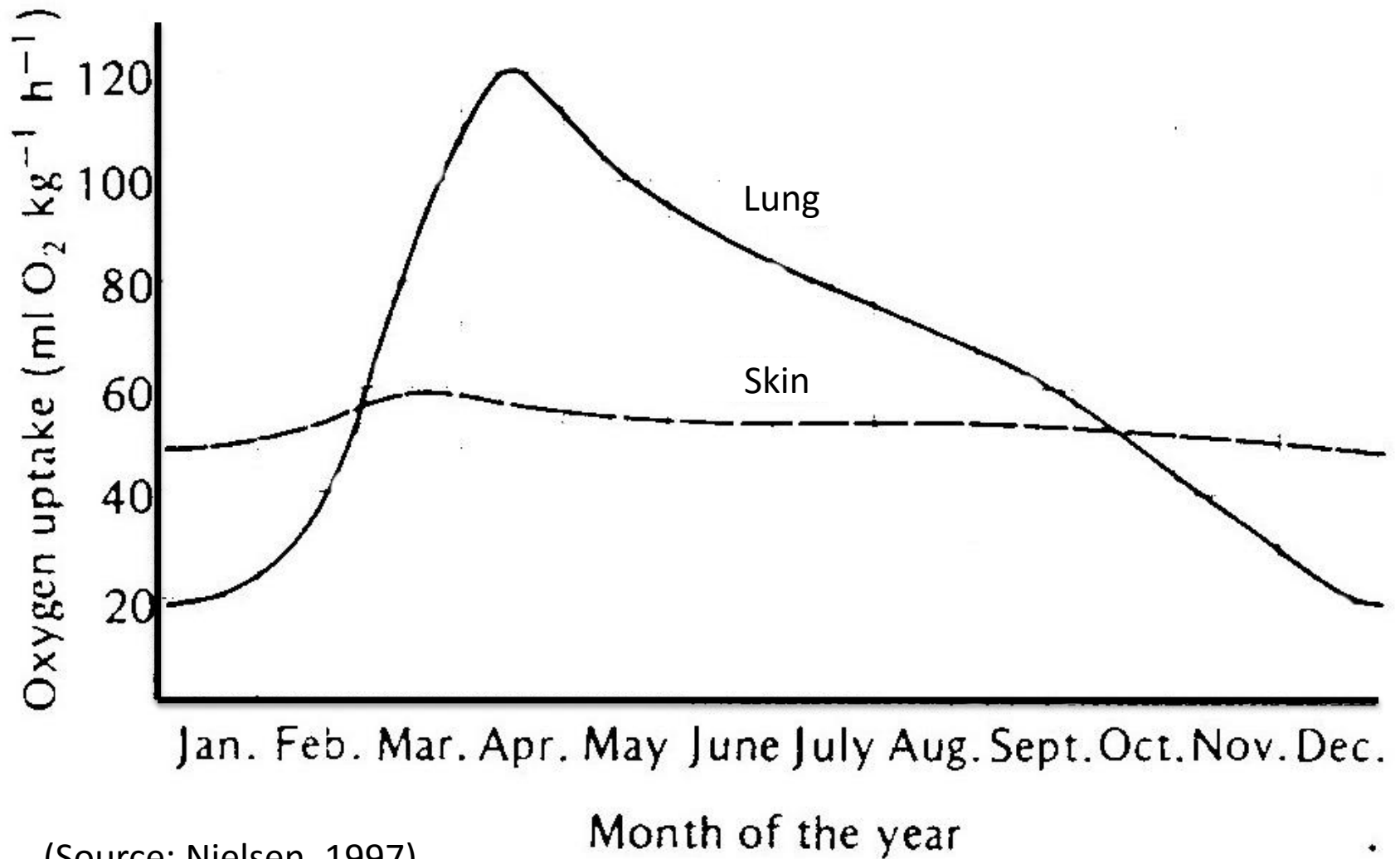
Diffusion/gas transport



PERNAFASAN AMPIBI



PERNAFASAN AMPIBI

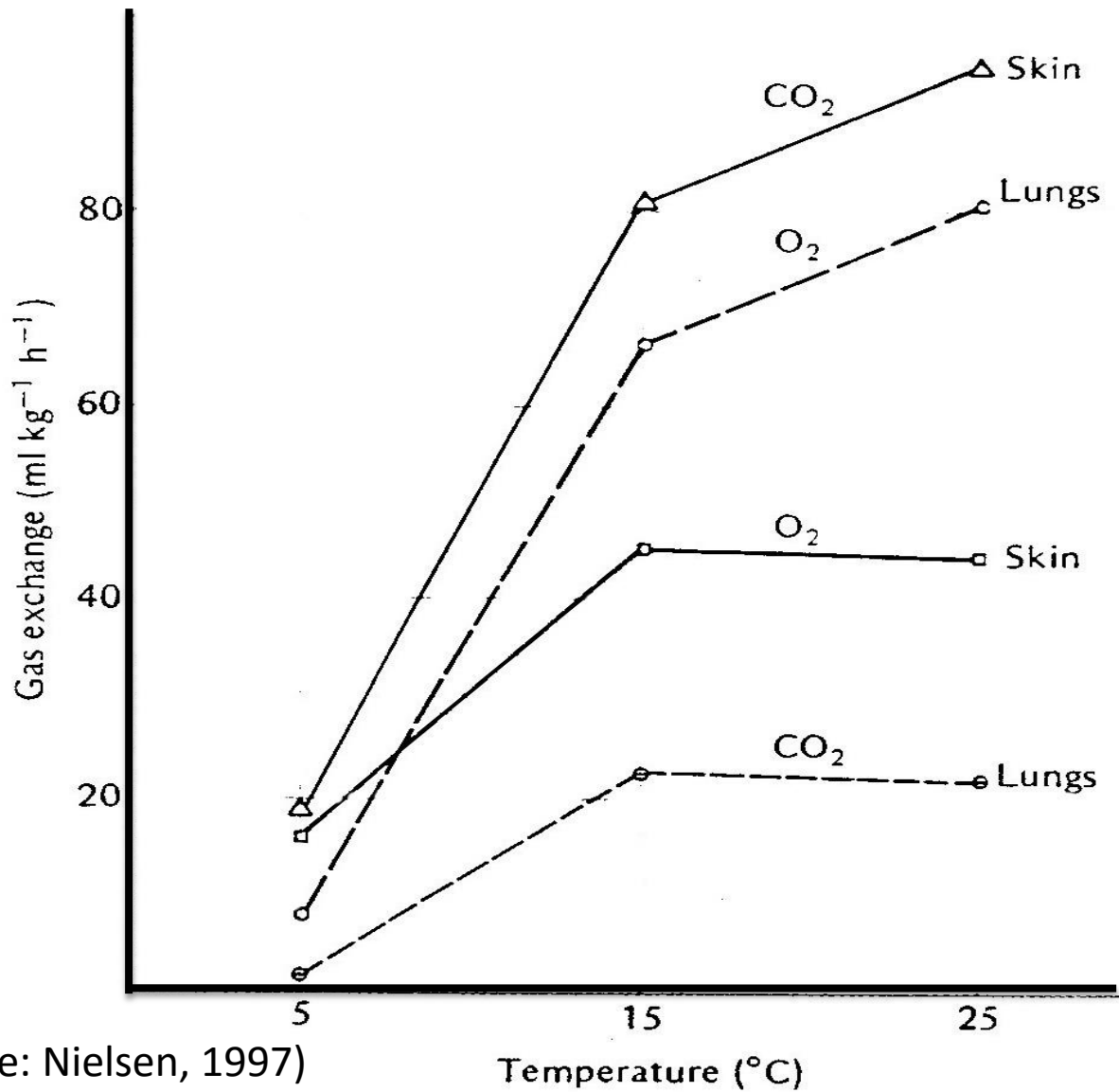


(Source: Nielsen, 1997)

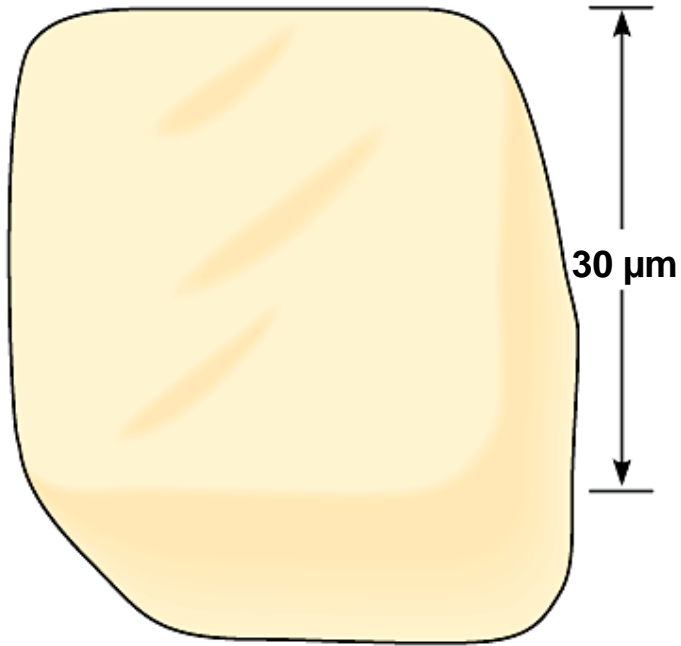
Month of the year



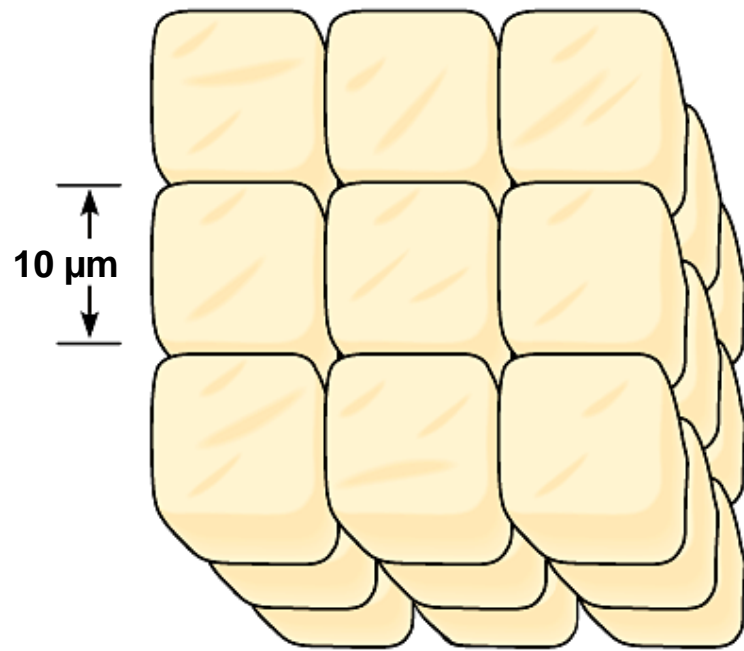
PERNAFASAN AMPIBI



(Source: Nielsen, 1997)



**Surface area
of one large cube
= 5,400 μm^2**



**Total surface area
of 27 small cubes
= 16,200 μm^2**